

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-215399

(43)Date of publication of application : 29.07.2004

(51)Int.Cl.

H02P 21/00

H02P 6/10

(21)Application number : 2002-382408

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 27.12.2002

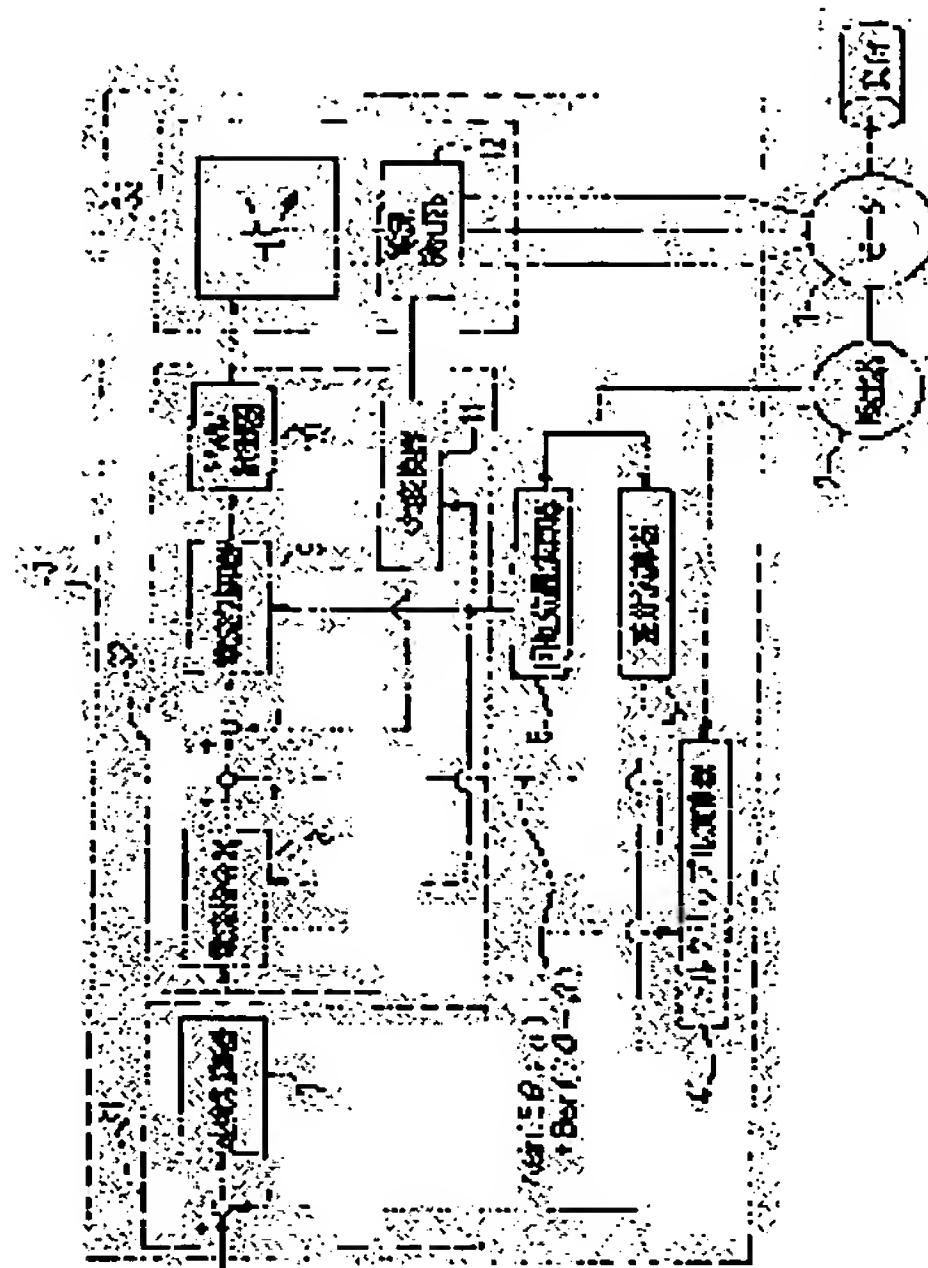
(72)Inventor : WATANABE KENJI

## (54) MOTOR CONTROL METHOD AND CONTROLLING EQUIPMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a motor control method which can remarkably reduce torque ripple.

**SOLUTION:** In the motor control method for controlling a motor 1 on which a detector 2 is mounted, the fifth and seventh harmonics current amplitude corresponding to current which is made to flow in a motor 1 and phase data corresponding to current fundamental wave component are stored in the detector 2. A torque ripple computing device 4 computes the fifth and seventh harmonics current amplitude and phase difference to the current fundamental wave component, based on current command and data stored in the detector when the motor is driven. The fifth and seventh harmonics current components are incorporated on a drive current. As a result, when the above technique is applied to machining equipment, generation of streaks on a machined surface is suppressed at the time of machining, and position error in track control can be also reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.11.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Best Available Copy

(43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

5H576

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(71) 出願人	000006622
	株式会社安川電機
	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(74) 代理人	100105647
	弁理士 小栗 昌平
(74) 代理人	100105474
	弁理士 本多 弘徳
(74) 代理人	100108589
	弁理士 市川 利光
(74) 代理人	100115107
	弁理士 高松 猛
(74) 代理人	100090343
	弁理士 濱田 百合子

最終頁に続く

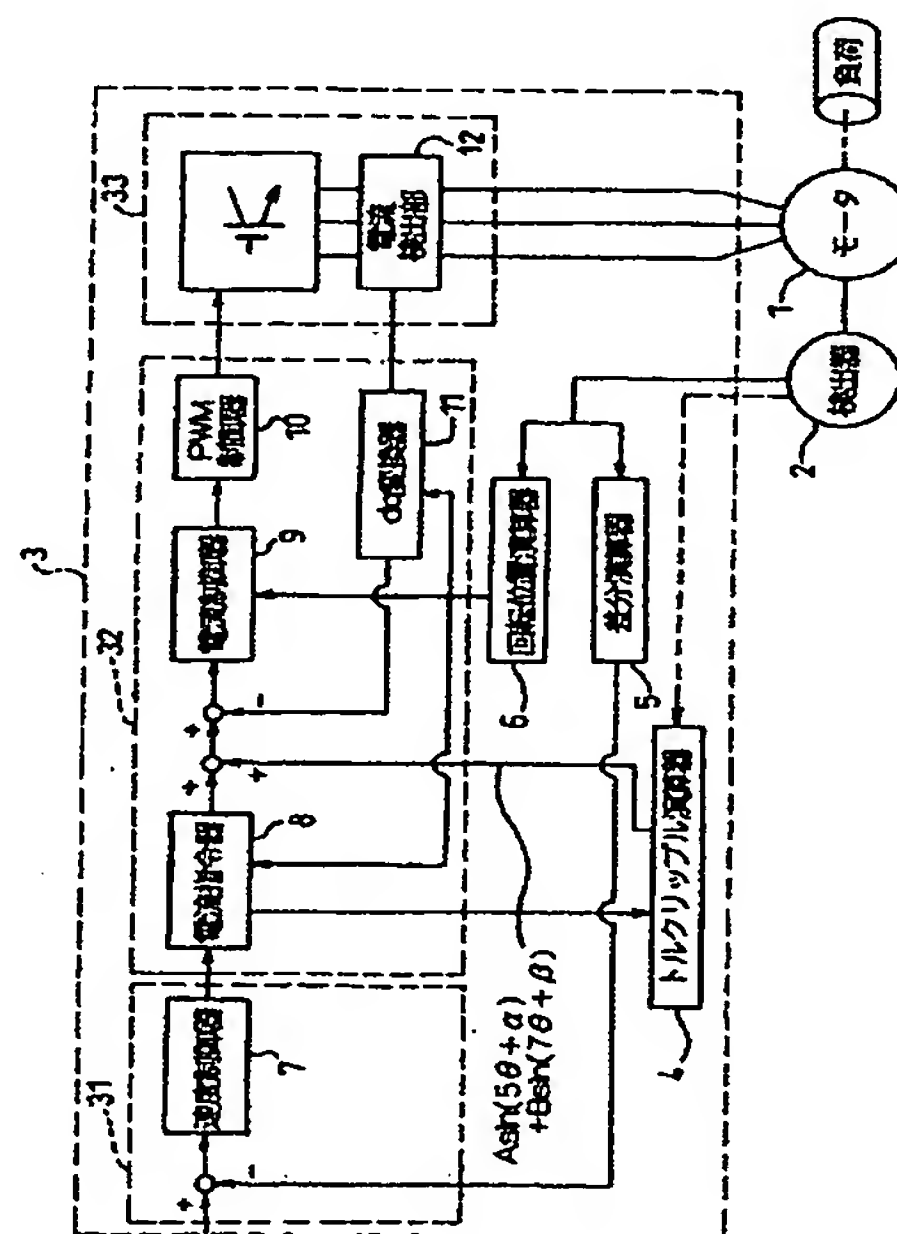
(54) 【発明の名称】 モータ制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】トルクリップルを大幅に低減することが可能なモータ制御方法を提供する。

【解決手段】 検出器 2 を搭載したモータ 1 を制御するモータ制御方法において、モータ 1 に通電する電流に対応した 5 次及び 7 次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データを前記検出器 2 に格納しておき、モータ駆動時に電流指令及び前記検出器に格納したデータに基づいてトルクリップル演算器 4 が 5 次及び 7 次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を算出し、駆動電流にこの 5 次及び 7 次の高調波電流成分を取り込むようにする。従って工作機械に適用した場合は切削時の面に筋目の発生が抑えられ、軌跡制御における位置誤差も低減可能となる。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

検出器を搭載したモータを制御するモータ制御方法において、該モータに通電する電流に対応した5次及び7次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データを前記検出器に予め格納しておき、電源投入時に前記検出器より前記高調波電流振幅及び位相データをトルクリップル演算器に取り込み、モータ駆動時に電流指令及び前記高調波電流振幅及び位相データに基づいて5次及び7次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を算出し、この5次及び7次の高調波電流成分を前記電流指令に加算し、加算された電流指令に、 $dq$ 変換された検出電流を負帰還し、これを電流制御器へ送り、PWM制御を経て電力変換部からモータを通電制御することを特徴とするモータ制御方法。

10

## 【請求項 2】

検出器を搭載したモータを制御するモータ制御装置において、モータに通電する電流に対応した5次及び7次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データが格納される検出器と、

該検出器に格納された前記電流振幅および位相データを電源投入時に前記検出器から取り込みかつモータ駆動時に電流指令に基づいて5次及び7次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を演算するトルクリップル演算器と、

を有することを特徴とするモータ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

20

## 【発明の属する技術分野】

本発明はモータ制御方法および制御装置に関するもので、特にトルクリップルを低減できるACサーボモータの制御方法および制御装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

ACモータを工作機械の送り軸に使用した場合、ACサーボモータの出力トルクに脈動があれば、トルクの脈動が切削時の面に筋目として現れる等の不具合が発生する。

そこで従来では、サーボモータの回転速度から回転位置を算出する位置検出回路と、回転子が1回転する間のトルクが一定となる電流に対応する信号を回転子の回転位置毎に格納したROMとD/A変換器と乗算器とからなるトルク脈動補償回路を設け、サーボモータの回転位置に対応して電流制御部の入力信号を補正することを行っている（特許文献1参照）。

30

## 【0003】

## 【特許文献 1】

特開平10-229690号公報

## 【0004】

図4は、特許文献1記載のACサーボモータ駆動装置で、図において25はサーボモータ、21はサーボモータ25の回転を検出してパルス列を発生する回転センサ、22はF/V変換器、23は回転方向判別回路、24は回転指令と検出した回転信号を受けて差をとり、位相補償して速度指令を出力する速度制御器で、26は3相の主回路である。30は電流制御部であり、電流制御器31と、電流検出器32、電流検出回路33、ゲート回路34とからなっており、40はトルク脈動補償回路であり、位置検出回路41と、ROM42、D/Aコンバータ43、乗算器44からなっている。

40

図4のACサーボモータ駆動装置によるトルク脈動を補償する原理は次のとおりである。サーボモータ21のトルクは回転子の磁石が作る磁束密度と固定子の励磁電流の積で表われ、そして回転子の表面の磁束密度の周方向分布と励磁電流が正弦波になっていればトルクは脈動せず一定になるが、しかし磁束密度の分布が正弦波に対して歪んでいれば、励磁電流が正弦波であってもトルクに脈動が生じることになる。この場合、前記のようにトルクが回転子の磁束密度と励磁電流の積であるため、励磁電流が、正弦波の磁束密度と歪みを含む磁束密度の比を正弦波に乗じた波形となるようにすれば、その積であるトルクは

50

脈動がなく一定とすることができる。そして歪みを含む磁束密度は次のようにして測ることができる。固定子を励磁することなくサーボモータを自由に回転すると、回転子の表面に固着した磁石の磁束のため固定子の巻線に誘起電圧が発生する。この誘起電圧は磁束密度に比例しているのでこの誘起電圧を測ることによって間接的に磁束密度を測ることができる。そこで回転子の回転位置に対応して誘起電圧を計測してROMに書き込んでおき、永久磁石形ACサーボモータ駆動装置でサーボモータを駆動する時は回転位置に同期して前記ROMの信号をD/A変換器でアナログ信号にして補正し、新たに電流指令とすれば脈動のない一定のトルクを得ることができるのである。

【発明が解決しようとする課題】

ところが、特許文献1記載の発明では、回転子が1回転する間のトルクが一定となる電流に対応する信号を回転子の回転位置毎にROMに格納しておいても、回路基板を組んだ場合、伝送遅れなどにより、トルクが一定とならないことがあった。

また、ACサーボモータのトルクリップルはコギングトルクだけではなく、駆動装置の電流オフセット調整のばらつきや、モータの磁気飽和により発生するトルクリップルも含まれ、コギングトルクのトルクリップルに占める割合は通常小さく、トルクリップル低減の効果は小さいものであった。

そこで本発明の目的は、トルクリップルを大幅に低減することが可能なモータ制御方法および制御装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を解決するもので磁気飽和によるトルクリップルは電流の基本周波数成分に対して、5次もしくは7次の高調波電流成分を盛り込むことで低減できることが判明したので、そこで請求項1記載のモータ制御方法の発明によれば、検出器を搭載したモータを制御するモータ制御方法において、該モータに通電する電流に対応した5次及び7次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データを前記検出器に予め格納しておき、電源投入時に前記検出器より前記高調波電流振幅及び位相データをトルクリップル演算器に取り込み、モータ駆動時に電流指令及び前記高調波電流振幅及び位相データに基づいて5次及び7次の高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を算出し、この5次及び7次の高調波電流成分を前記電流指令に加算し、加算された電流指令に、dq変換された検出電流を負帰還し、これを電流制御器へ送り、PWM制御を経て電力変換部からモータを通電制御することを特徴とする。

請求項2記載のモータ制御装置の発明によれば、検出器を搭載したモータを制御するモータ制御装置において、モータに通電する電流に対応した5次及び7次高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データが格納された検出器と、該検出器に格納された前記電流振幅および位相データを電源投入時に前記検出器から取り込みかつモータ駆動時に電流指令に基づいて5次及び7次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を演算するトルクリップル演算器と、を有することを特徴とする。

このような構成にすることにより、検出器に格納されたモータに通電する電流に対応した5次及び7次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データに基づいて、駆動電流に5次及び7次高調波成分を盛り込むことでトルクリップル低減が可能となり、工作機械に適用した場合は切削時の面に筋目の発生が抑えられ、軌跡制御における位置誤差も低減可能となる。

【0006】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。

図1は本発明に係るモータ制御のブロック図である。

図2は本発明に係る5次および7次高調波を考慮したモータ制御のフローチャート図である。

図において、1はモータ、2は検出器、3はモータ駆動装置、4はトルクリップル演算器、5は差分演算器、6は回転位置演算器、7は速度制御器、8は電流指令器、9は電流制

10

20

30

40

50



御器、10はPWM制御器、11はd q変換器、12は電流検出部である。そして、モータ1は3相ACサーボモータで、検出器2を搭載している。モータ駆動装置3は31の速度制御部、32の電流制御部、33の電力変換部を搭載している。また、5次・7次高調波電流の振幅データと位相データは、後述する方法にて予め検出器2に格納されている。このような構成のモータ駆動装置3において、電源投入時に、モータに通電する各電流に対応した、5次高調波電流の振幅データと電流基本波成分に対する位相データおよび7次高調波電流の振幅データと電流基本波成分に対する位相データを、前述の検出器2よりトルクリップル演算器4に取り込む(図2のステップST1に相当)。

電源投入時にトルクリップル演算器4に取り込む5次・7次高調波電流の振幅データと位相データは、通常、モータ1に検出器2を搭載した後、モータデータ(誘起電圧、抵抗、電流等)をパソコンからシリアル通信により検出器2に格納される。本発明では、このモータデータと併せて5次・7次高調波電流の振幅データと位相データを書き込むものである。5次・7次高調波電流の振幅データと位相データとしては、例えば表1の数値が挙げられる。

【表1】

第5・7次の振幅・位相データ

基本波電流( $I_1$ ) [A]	5次成分		7次成分	
	振幅( $\alpha_5$ )[%]	位相( $\beta_5$ )[Deg]	振幅( $\alpha_7$ )[%]	位相( $\beta_7$ )[Deg]
1	2.0	2	0.5	1
2	3.0	10	1	5
3	4.0	15	1.5	8
4	4.5	20	1.8	10
5	5.0	22	2	11

【0007】

そして、モータ駆動時にはこのデータの取り込みは行わず、検出器2から位置データを取り込み、差分演算器5で演算した現在速度であるモータ速度フィードバック信号を速度指令に負帰還して、この値を速度制御器7に送る。速度制御器7の出力は電流指令器8に送られ、ここで、検出器2からの位置データを基に回転位置演算器6で演算された出力を用いて電流指令を算出する。算出された電流指令はトルクリップル演算器4に送られる。トルクリップル演算器4では、電源投入時に既に、モータに通電する各電流に対応した5次高調波電流の振幅データと電流基本波成分に対する位相データおよび7次高調波電流の振幅データと電流基本波成分に対する位相データが取り込まれているから、これらのデータと電流指令に基づいてトルクリップル演算器4において5次高調波電流の振幅Aと位相 $\alpha$ および7次高調波電流の振幅Bと位相 $\beta$ を算出する(図2のステップST2に相当)。

【0008】

トルクリップル演算器4にて算出された5次高調波電流の振幅Aと位相 $\alpha$ および7次高調波電流の振幅Bと位相 $\beta$ は後述する( $A \sin 5(\theta + \alpha) + B \sin 7(\theta + \beta)$ )として電流指令器8の出力である電流指令に加算される(図2のステップST3に相当)。

【0009】

その後は従来の制御と同じ制御を行う。すなわち、電流検出部12で検出した電流をd q変換器11を介して前記加算された電流指令に負帰還し、電流制御器9とPWM制御器10を介して電力変換部から5次高調波及び7次高調波成分を盛り込んだ電流をモータ1に通電する(図2のステップST4に相当)。

【0010】

次に、5次・7次高調波電流の振幅データと位相データに基づいて、駆動電流に5次及び

10

30

40

50

7次高調波成分を加算する1例を示す。

従来は、高調波成分を含まない1次電流のみで、式1となる。

$$I = I_1 \sin \theta \quad \cdots \text{式1}$$

ただし、 $\theta = 1$ 次成分の電流位相

これに対して本発明では、例えば表1のデータを例にとると下記のとおりとなる。

(1) 基本波電流が2.5 [A] とすると、表1の2.3 [A] のパラメータから図3に示すように、直線補間で第5次高調波電流の振幅 $\alpha_5$ と位相 $\beta_5$ を算出し、5次加算分 $\alpha_5 \sin 5(\theta - \beta_5)$ を求める。

同様にして、7次加算分 $\alpha_7 \sin 7(\theta - \beta_7)$ を求める。

(2) (1) で算出した位相・振幅を電流指令に加算すると式2が得られる。

$$I = I_1 \{ \sin \theta + \alpha_5 \sin 5(\theta - \beta_5) + \alpha_7 \sin 7(\theta - \beta_7) \} \quad \cdots \text{式2}$$

【0011】

このような構成にすることにより、検出器2に格納されたモータに通電する電流に対応した5次及び7次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データに基づいて、駆動電流に5次及び7次高調波成分を盛り込むことでトルクリップル低減が可能となり、工作機械に適用した場合は切削時の面に筋目の発生が抑えられた。軌跡制御における位置誤差も低減できた。

【0012】

図5は図1のモータ制御ブロックを有する場合のトルクリップル実測波形(a)およびこれを有しない図4のトルクリップル実測波形(b)である。

図から明らかなように、図1のモータ制御ブロックを有する場合のトルクリップルが、図4のトルクリップル実測波形と比べて、トルクリップルが約1/3以下と大幅に改善されていることが確認できる。

【0013】

【発明の効果】

以上、本発明によれば、検出器を搭載したモータを制御するモータ制御方法において、モータに通電する電流に対応した5次及び7次高調波電流振幅及び電流基本波成分に対する位相データを前記検出器に格納しておき、モータ駆動時に電流指令及び前記検出器に格納したデータに基づいて5次及び7次高調波の電流振幅及び電流基本波成分に対する位相差を算出し、駆動電流にこの5次及び7次の高調波電流成分を取り込むようにしたので、トルクリップルを大幅に低減することが可能となる。したがって工作機械に適用した場合は切削時の面に筋目の発生が抑えられ、軌跡制御における位置誤差も低減可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るモータ制御のブロック図である。

【図2】本発明に係る5次および7次高調波を考慮したモータ制御のフローチャート図である。

【図3】基本波電流と第5次高調波の振幅と位相の関係を示す線図である。

【図4】従来装置のモータ制御のブロック図である。

【図5】図1のモータ制御ブロック図を有する場合のトルクリップル実測波形(a)およびこれを有しない図4のトルクリップル実測波形(b)である。

【符号の説明】

- 1 : モータ
- 2 : 検出器
- 3 : モータ駆動装置
- 31 : 速度制御部
- 32 : 電流制御部
- 33 : 電力変換部
- 4 : トルクリップル演算器
- 5 : 差分演算器

10

20

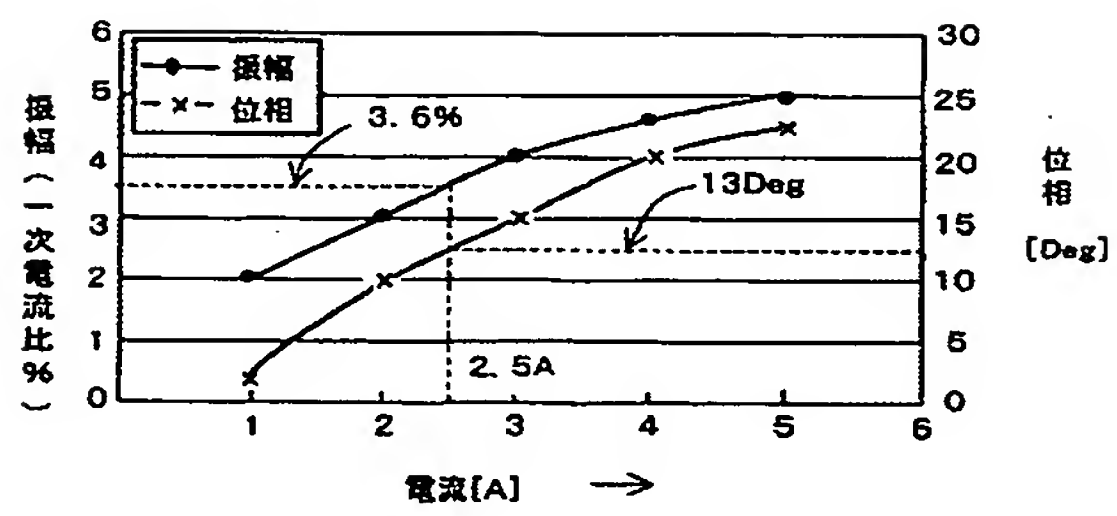
30

40

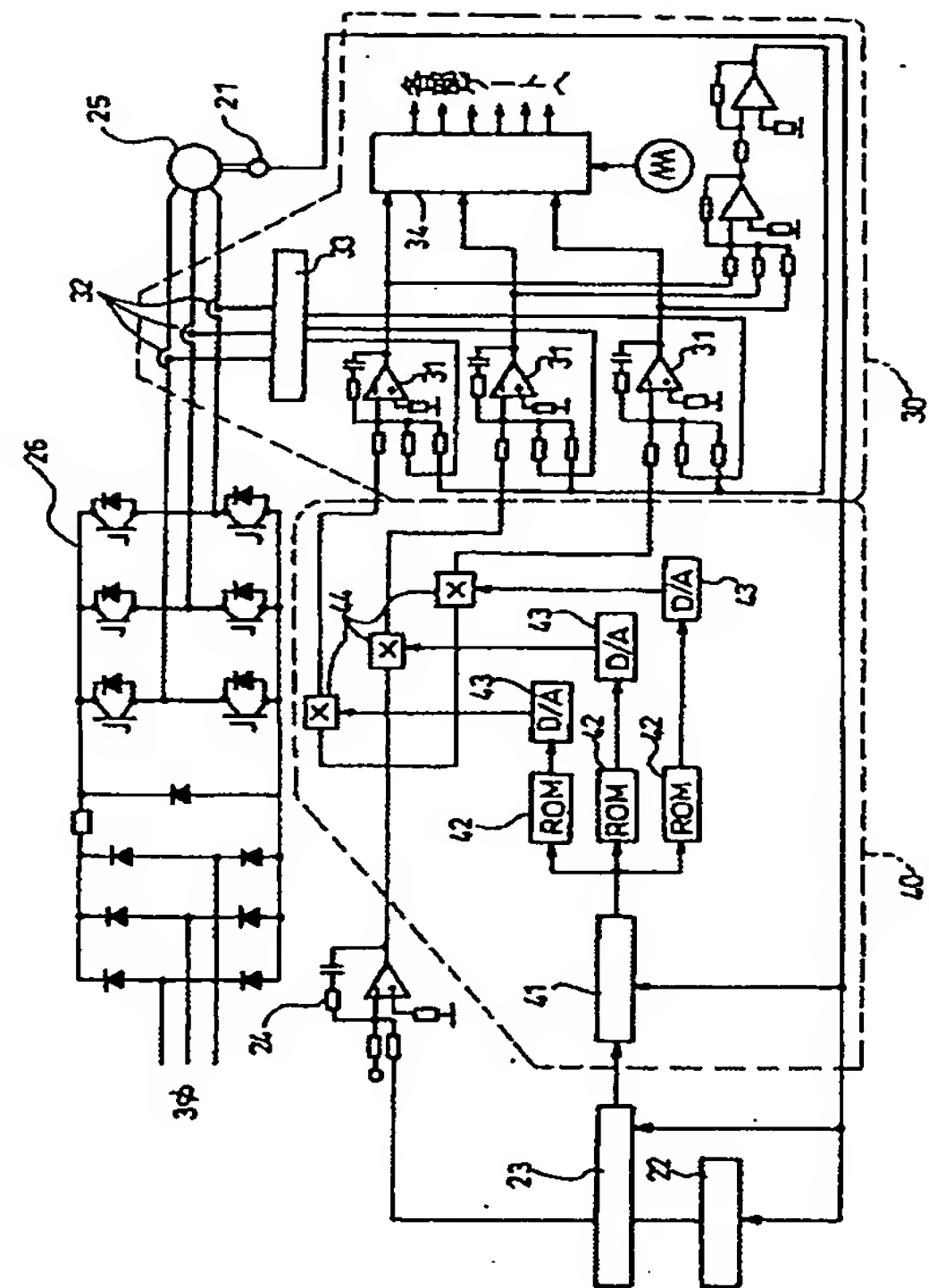
50



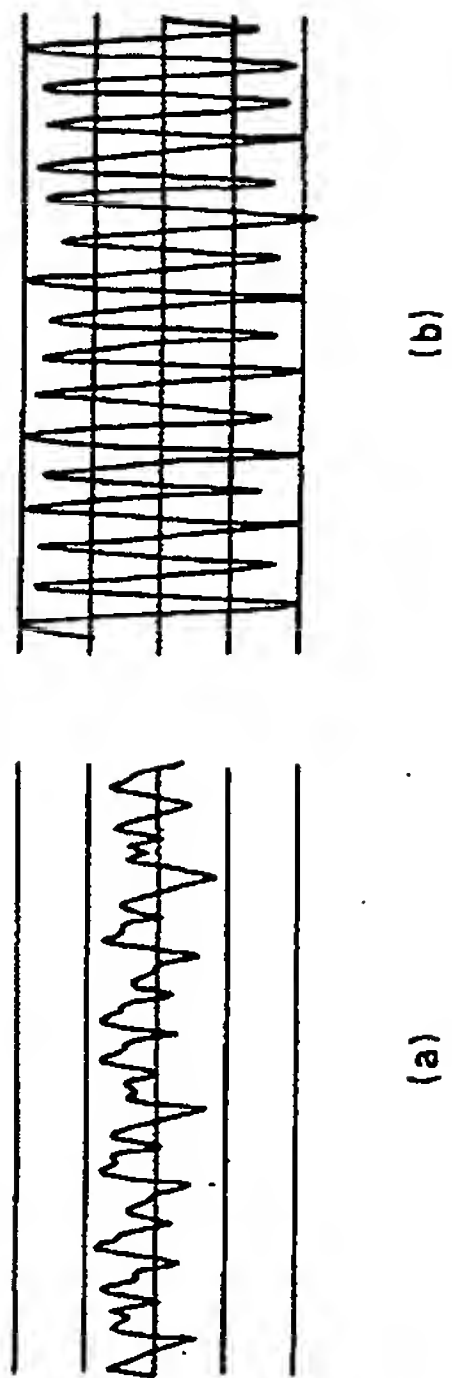
【図3】



【図4】



【図5】





---

フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 賢司

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

Fターム(参考) 5H560 AA07 BB04 BB12 DA01 DB20 DC03 EB01 EC02 HA00 RR01  
TT11 UA06 XA04 XA12 XA13  
5H576 AA17 BB04 DD07 EE01 EE11 FF01 GG02 HA04 HB01 JJ03  
JJ17 LL38